

El plàncton costaner

I. Introducció al plàncton marí

Els organismes que viuen permanentment en la columna d'aigua constitueixen la comunitat biològica anomenada *comunitat planctònica*. El plàncton el compon una gran diversitat d'organismes que viuen errants en la massa d'aigua i que són arrossegats pels corrents. Es tracta en general d'organismes petits, però amb un espectre de mides que va des de menys de 1 μm a més de 20 cm!

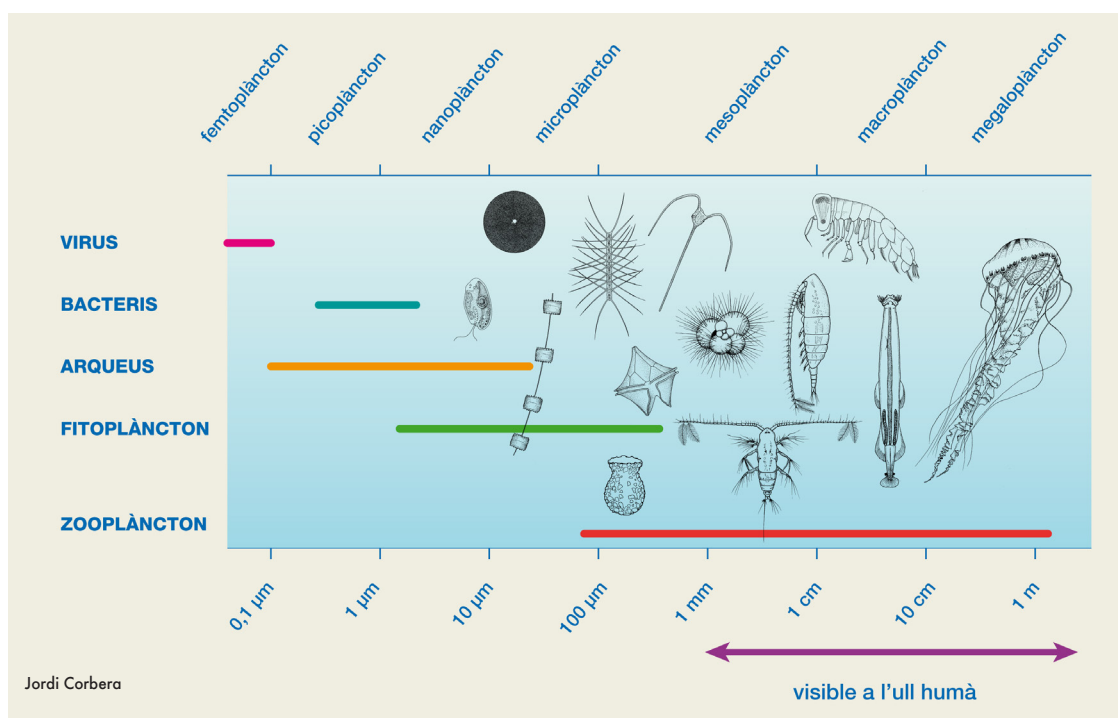


Fig. 1. Rang de les mides dels organismes planctònics.

El plàncton es subdivideix en general en bacterioplàncton –actualment inclòs dins de l'ultraplàncton i picoplàncton–; fitoplàncton –organismes fotosintetitzadors (autòtrofs o mixòtrofs)–; i zooplàncton –organismes heteròtrofs.

En l'actualitat, es considera una subdivisió del plàncton en grups funcionals més que per de mides: plàncton autòtrof i heteròtrof, a més a més del mixòtrof.

El fitoplàncton està format per organismes procariotes i eucariotes autòtrofs unicel·lulars aïllats o que formen cadenes o agregats que es situen en aigües superficials. Els grups dominants són diatomees, dinoflagel·lats, cocolitoforals, silicoflagel·lats i cianofícies, que s'alternen tant en l'espai com en el temps.

El zooplàncton està compost per organismes heteròtrofs d'un ampli espectre de mides, des de poques micres fins més de 20 cm. Tenen una limitada capacitat de moviment, tot i que poden migrar i agrupar-se. El zooplàncton el componen tant organismes que passen tota la seva vida en el plàncton –holoplàncton– com altres que són fases larvàries o juvenils d'espècies que viuen en el bentos o en el nècton –aquestes larves formen el meroplàncton.

Alguns dels grups d'organismes que podem trobar al plàncton marí es presenten a continuació.

1. Bacteris

La majoria dels bacteris marins són heteròtrofs, però existeixen molts bacteris autòtrofs que viuen en els oceans i són responsables de gran part de la producció de matèria orgànica en el mar. Els cianobacteris de l'espècie *Prochlorococcus marinus* són uns dels organismes més abundants del planeta: viuen en aigües obertes i presenten una densitat entre 70 000 i 200 000 cèl·lules per mil·lilitre.

Els bacteris constitueixen un tot món en miniatura dins l'oceà. El conjunt dels organismes visibles a ull nu no és més que la part més elevada d'una enorme piràmide de biomassa microscòpica.

La diversitat dels bacteris marins és molt elevada i precisament del seu estudi se'n deriva part de la determinació de la salut –bona o no tan bona– dels ecosistemes marins. De vegades, el mar també conté bacteris que no són estrictament marins, sinó que provenen de fonts de contaminació relacionades amb l'activitat humana. Les aigües residuals que aboquem al mar transporten bacteris que poden ser detectats a través de mètodes analítics i, per tant, constitueixen bons indicadors de determinats tipus de contaminació. Un dels grups més utilitzats com a indicadors de contaminació fecal de les aigües costaneres són els coliformes. Tot i que aquests bacteris provenen de l'intestí de les persones o d'altres animals, un cop arribats al mar demostren una gran capacitat de supervivència malgrat les condicions adverses, especialment pel que fa a la salinitat.



Fig. 2. Cianobacteris filamentosos vistos a través d'un microscopi.

2. Fitoplàncton

El fitoplàncton és un conjunt d'organismes molt divers, però aquí farem referència als seus grups principals d'eucariotes que, per altra banda, són els que habitualment es poden observar en les mostres costaneres. El fitoplàncton està format per organismes autòtrofs o mixòtrofs, i constitueix l'aliment del zooplàncton, del qual depenen molts altres animals marins. Com que l'activitat fotosintètica depèn de la llum, el fitoplàncton ocupa les aigües més superficials.

- **Diatomees.** Són algues unicel·lulars que es troben àmpliament distribuïdes en el medi aquàtic marí i també en aigües continentals. Existeixen diatomees que suren lliurement a l'aigua i altres que són bentòniques i es fixen sobre substrats durs i sediments. Les diatomees són organismes molt sensibles a les variacions fisicoquímiques de l'aigua i actualment algunes comencen a ser emprades com a bioindicadors de la qualitat de l'aigua. La identificació de les diatomees es basa principalment en l'estructura de la coberta silícica que recobreix la cèl·lula; hi ha dues formes bàsiques: pennades i cèntriques.
- **Flagel·lats.** Aquest nom és aplicable a un gran nombre d'organismes ben diferents. Els flagel·lats que formen part de fitoplàncton contenen pigments fotosintètics i bàsicament pertanyen als grups cloròfits, crisòfits, euglenòfits i dinoflagel·lats. Els dinoflagel·lats són organismes unicel·lulars amb una coberta cel·lular complexa, que presenta solcs i estructures ben marcades. Algunes espècies presenten plaques de cel·lulosa a la coberta, fet que els proporciona l'aspecte d'una armadura. Malgrat que no tots els dinoflagel·lats són fotosintètics, moltes espècies sí que ho són i constitueixen, juntament amb les diatomees, un dels grups més abundants i diversos del fitoplàncton marí.

3. Zooplàncton

El zooplàncton és el conjunt d'organismes protoctists i animals que es troben en suspensió a les aigües marines o continentals i que tenen nutrició heteròtrofa. Tots els ecosistemes marins també depenen del zooplàncton, ja que aquest s'alimenta del fitoplàncton i, alhora, constitueix l'aliment de molts altres animals. Tot i que trobem organismes del zooplàncton en tota la columna d'aigua, l'activitat del zooplàncton també es desenvolupa sovint en les aigües superficials, perquè necessita atrapar el fitoplàncton i, per tant, sovint s'ha de moure cap a aquestes zones.

Els organismes del zooplàncton, malgrat que poden arribar a tenir grandària macroscòpica, han de ser prou petits com per evitar enfonsar-se amb facilitat. Els individus més grans solen tenir mecanismes per evitar ser molt densos: cossos gelatinosos, acumulacions de greixos i de gas, formes complexes, etc.

- **Protozous.** Bàsicament hi ha dos grups de protozous que formen part del plàncton: els ciliats i els rizòpodes.
- **Cnidaris.** Entre els cnidaris que formen part del plàncton hi ha les meduses petites o hidromeduses i els sifonòfors. Les grans meduses també són planctòniques i formen part del megaloplàncton.
- **Poliquets.** Són animals anè·lids que generalment són bentònics, però algunes espècies formen part del plàncton. No són gaire freqüents, en general.
- **Mol·luscs.** En el plàncton es poden trobar formes larvàries de mol·luscs. Alguns grups tenen representants prou petits com per formar part del zooplàncton.
- **Crustacis.** Són els principals organismes del zooplàncton. Els grups més importants són: copèpodes, cladòcers, amfípodes, ostracodes, misidacis, isòpodes i cumacis. La majoria dels crustacis del zooplàncton són copèpodes i n' existeixen una gran quantitat d'espècies diferents.
- **Quetògnats.** Són animals exclusivament marins, de cos allargat. Són predadors d'altres animals planctònics.



Fig. 3. Mostres de plàncton observades a través d'un microscopi.

II. Possibilitats d'estudi i qüestions teòriques a plantejar

El plàncton està constituït per una varietat d'organismes que viuen en la massa d'aigua i que varien de grandària: hi trobem organismes que mesuren des d'1 micra fins més de 20 cm. Entre els organismes que el componen podem distingir tres grans grups: fitoplàncton (autòtrofs), zooplàncton (heteròtrofs), i ultraplàncton (bacteris, arqueobacteris i virus).

A causa de la seva accessibilitat i facilitat de recollida, l'estudi del plàncton permet plantejar preguntes i experiments de diversa índole i provar el mètode científic, per exemple, canviant freqüències, quantitats, localitzacions, etc. de les mostres. Per altra banda, el plàncton marí està format per uns organismes molt poc coneguts en general pels estudiants en edat escolar, i conèixer la diversitat del plàncton permet fer una aproximació a la diversitat real del planeta de manera fàcil i nova.

L'elevada abundància, diversitat de formes, mides, estratègies vitals i comportaments dels organismes planctònics fa que treballar amb aquests grups sigui més fàcil que amb d'altres. A més, treballar amb material viu permet fer nombroses observacions sobre el moviment, comportament i estratègies dels organismes.

La composició del plàncton varia significativament tant en l'espai com en el temps. En l'espai, les variacions en l'eix vertical solen trobar-se sobretot entre organismes que viuen en zones superficials o més profundes; en l'eix horitzontal, entre els que viuen en aigües costaneres —tant en zones rocoses com sorrenques—, o en aigües de més enfora —mar obert. En el temps, les variacions s'observen a nivell diari —tant des de primera hora del dia a la tarda, com entre les hores del dia i de la nit—, estacional i interanual. Entre els factors que expliquen aquestes variacions en trobem tant de biològics —cicles de vida de les espècies, relacions tròfiques, com l'aportació de nutrients, desplaçaments— com d'ambientals —temperatura, salinitat, corrents—, que són de fàcil comprensió i sovint de fàcil determinació.

Coneixent la densitat de zooplàncton i fitoplàncton es poden fer diferents tipus d'estudis que permetin aprofundir en la comprensió dels aspectes i funcions biològiques i ecològiques que caracteritzen el plàncton. La densitat dels organismes sempre fa referència a la quantitat d'individus per unitat de volum (generalment m^3). Es pot calcular la densitat de cada espècie present en el plàncton, però sovint s'obtenen resultats interessants sense haver d'afinar tant, només mirant la densitat d'organismes a nivells taxonòmics més genèrics, com ara, el gènere, la família o el grup.

Alguns dels plantejaments i preguntes de recerca que es poden plantejar i respondre a través d'aquesta activitat són els següents:

- **Seguiment estacional.** Consisteix en comparar la densitat de cada unitat de mesura (individus de cada gènere o grup) en cada època de l'any:
 - Observar la variació dels grups de plàncton al llarg de les diferents èpoques de l'any.
 - Establir les causes d'aquesta variació.

La primera qüestió pot ser resposta pels mateixos alumnes a partir d'aquesta pràctica, mentre que la segona qüestió demana una anàlisi més elaborada i cal contrastar la informació amb les dades ambientals.

Aquest estudi només podrà realitzar-se si els alumnes fan sortides al llarg de l'any.

- **Biodiversitat.** Es tracta de comparar la densitat de les mesures d'individus entre mostres. L'objectiu essencial és reconèixer els grans grups que formen el zooplàncton i el fitoplàncton. De manera addicional, un objectiu més específic pot ser el d'identificar els individus a nivell d'espècie, gènere i família:

- Quants grups diferents s'identifiquen. Proporció de zooplàncton i fitoplàncton, pel que fa a grups diferents i biomassa.
- Observar i identificar alguna espècie dominant del fitoplàncton i del zooplàncton.

Els estudiants poden treballar conceptes relatius a la piràmide tròfica i a la diversitat biològica (tant entre grups com dins de cada un).

- **Mesures de vida.** Consisteix en comparar la densitat de cada unitat de mesura entre les mostres procedents de la xarxa; o en el cas que s'emprin xarxes de diferent llum de malla, entre elles, també –d'aquesta manera es podrà calcular tot l'espectre d'organismes de la comunitat de plàncton atès que cada tipus de xarxa és eficaç per capturar un espectre de mesures determinat.

- Quin és l'espectre de mesures d'organismes de la comunitat de plàncton?
- Els diferents tipus de xarxes de recol·lecció tenen a veure en l'obtenció d'aquest espectre?

- **Variabilitat espacial.** Es tracta la densitat de cada unitat de mesura entre mostres recollides en diferents indrets –per exemple, diferents indrets al llarg de la costa–, així com la diversitat diferent.

- S'observen diferències en la densitat de plàncton de les mostres recollides a la costa de diferents indrets? S'observen grups diferents en un indret o un altre? Dominen espècies diferents a cada indret?
- Cal explicar els resultats i raonar-los.

- **Variabilitat diària.** Es tracta la densitat de cada unitat de mesura entre mostres recollides a diferents hores del dia (recollida de mostres durant diversos torns el mateix dia).

- S'observen diferències en la densitat de plàncton de les mostres recollides al matí i a la nit, per exemple?
- S'observen diferents grups taxonòmics en les diferents mostres? S'observen diferents abundàncies d'individus?

Cal explicar els resultats i raonar-los.

Totes aquestes qüestions poden ser resoltes per l'alumnat mitjançant la pràctica, tenint en compte que la interpretació dels resultats requereix informació addicional. Les cinc propostes anteriors poden combinar-se entre si, tot oferint uns estudis més holístics que permetin copsar la complexitat de la natura a través d'un exemple senzill i proper com és l'estudi del plàncton costaner.

Igualment, aquestes són només algunes de les preguntes i aspectes que es poden treballar a través d'aquest taller, però se'n poden plantejar d'altres en funció de les temàtiques que es vulgui tractar.

III. Breu descripció de resultats que es poden esperar

En el cas del seguiment estacional, cal interpretar per què varien els grups dominants de plàncton al llarg de les diferents èpoques de l'any. Per fer-ho, l'alumnat ha de relacionar la densitat de les mostres amb diversos factors ambientals. Factors clau en aquest cas són la temperatura i la turbulència de l'aigua. En el cas del fitoplàncton, les èpoques de l'any amb més turbulència de l'aigua —hivern, primavera i finals de tardor— seran aquelles en les quals hi hagi més nutrients i acostumaran a dominar les diatomees, que no tenen sistemes actius de natació i depenen del moviment de l'aigua per mantenir-se a prop de la superfície, i que estan adaptades a les aigües més riques en nutrients. Però en les èpoques de poca turbulència —finals de primavera, estiu i començaments de tardor—, acostumen a dominar els dinoflagel·lats, perquè tenen sistemes actius de natació —els flagels—, poden mantenir-se nedant en aigües calmades i estan millor adaptats a les aigües pobres de nutrients. Per altra banda, les coccolitoforals són més abundants a l'hivern i primavera, mentre que a l'estiu es troben en aigües més profundes. Entre els organismes del zooplàncton els copèpodes són, en el mar Mediterrani, el grup més abundant: es troben en diferents abundàncies al llarg de tot l'any. En general, l'abundància de zooplàncton augmenta com a resposta a les proliferacions de fitoplàncton. Per tant, en molts indrets del Mediterrani, les majors abundàncies es detecten durant la primavera i inicis de l'estiu. En general, hi ha grups que es troben representats en les mostres de manera abundant en un període determinat de l'any, com els quetògnats a inicis de la tardor o els cladòcers durant l'estiu. Entre les espècies de cada grup també es posa de manifest una estacionalitat marcada perquè hi ha espècies d'una temporada concreta: per exemple, entre els copèpodes, dues espècies molt comunes al mar Mediterrani, *Oithona similis* i *Temora stylifera*, són clarament de primavera i tardor, respectivament.

En el cas de la biodiversitat, l'objectiu essencial és familiaritzar-se amb la multiplicitat de formes vives, metabolismes i cicles vitals. L'alumnat pot descobrir que la quantitat de fitoplàncton és netament superior a la de zooplàncton, cosa que es correspon amb la piràmide tròfica dels ecosistemes. Per altra banda, els diferents factors ambientals lligats al cicle anual del plàncton fan que es trobi una alta diversitat de grups i espècies diferents, o bé que hi hagi alguns grups que dominen la composició del plàncton de forma notòria. Per exemple, durant la tardor l'aigua superficial es refreda i es barreja amb aigua més profunda, i això permet l'aflorament de nutrients que afavoreixen la proliferació d'unes poques espècies de diatomees pennades (*Asterionella japonica*, *Thalassionema nitzschioides*, *Thalassiothrix mediterranea*) i de diatomees centrals (com *Chaetoceros* i *Rhizosolenia stolterfothii*). A finals d'hivern i principis de primavera hi ha menys turbulència de l'aigua i la temperatura incrementa. Aleshores es produeix un màxim de creixe-

ment de les algues. En aquest moment dominen diverses espècies de la família dels nanoflagel·lats i dinoflagel·lats, i diverses diatomees que formen cadenes o associacions en les quals les cèl·lules es disposen en fileres.

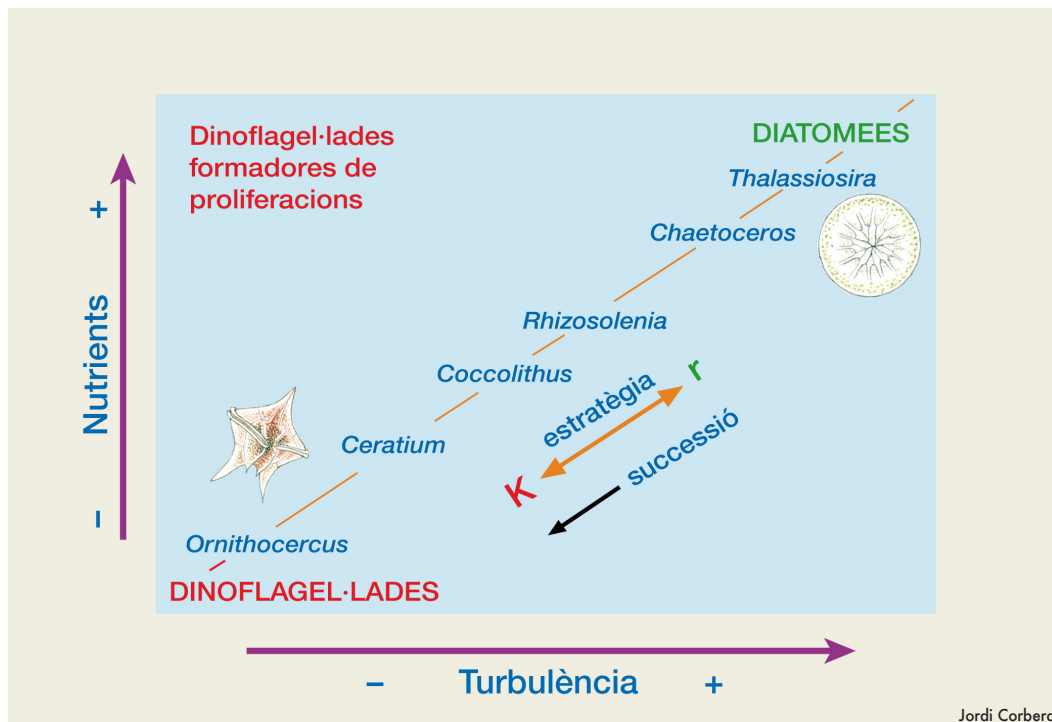


Fig. 4. L'anomenat *mandala de Margalef* mostra les tendències generals d'aparició de determinats grups del fitoplàncton segons certes condicions ambientals, fet que pot estar relacionat amb les variacions estacionals.

En referència al zooplàncton d'aigües més costaneres, els copèpodes són el grup més abundant de zooplàncton, seguit pels cladòcers i les apendiculàries. Altres grups menys abundants són les larves de mol·luscs, de cirrípedes, els quetògnats, les salpes i els doliòlids, així com altres membres del zooplàncton gelatinós, com meduses, sifonòfors i ctenòfors. En el plàncton costaner hi ha de manera puntual, però important, organismes que són fases pelàgiques d'organismes bentònics, com les larves abans mencionades. Aquestes larves són emeses per alguns animals del bentos quan es reproduïxen –envien les seves larves al plàncton per alimentar-se.

En el cas de la variabilitat espacial, la concentració de fitoplàncton pot ser diferent en diferents zones costaneres. Això és causat per factors com la limitació de fondària, els predadors, la barreja d'aigües per l'acció dels vents o la influència dels rius. L'alumnat pot, per tant, relacionar la concentració del plàncton amb la força del vent, el substrat, la temperatura de l'aigua i altres característiques de les estacions de mostreig escollides en diferents indrets de la costa i comparar els resultats, que també podran associar-se a fenòmens naturals i antròpics diversos, en alguns

casos –per exemple, la presència de la desembocadura d'un riu, la proximitat d'una depuradora, les aigües d'una gran ciutat, les aigües d'un poble costaner, etc. El zooplàncton de la costa mediterrània té una composició típica de les comunitats d'ambients costaners de mars temperats, on les diferències espacials no són molt marcades. No obstant, la plataforma continental és força estreta i té molta influència de les masses d'aigua de mar obert. Això fa que es produeixin intrusions esporàdiques d'aigües més oceàniques amb la qual cosa s'atorga al zooplàncton, en aquests casos, una major variabilitat en quant a la composició d'espècies i l'abundància d'individus. Si es mostra uns dies abans d'un esdeveniment d'aquest tipus, en les mostres posteriors poden aparèixer espècies de zooplàncton que no són les que s'hauran trobat habitualment.

Les variacions observades en les mostres pertanyents a diferents hores del dia són degudes sobretot a estratègies tròfiques; probablement es pot trobar més quantitat de zooplàncton en les mostres de matinada i més fitoplàncton en les del migdia. Aquest desfasament correspon a l'activitat del zooplàncton com a predador de fitoplàncton: bona part del zooplàncton realitza migracions verticals diàries per alimentar-se –quan puja cap a la superfície– i evitar la depredació –quan se situa a més fondària.

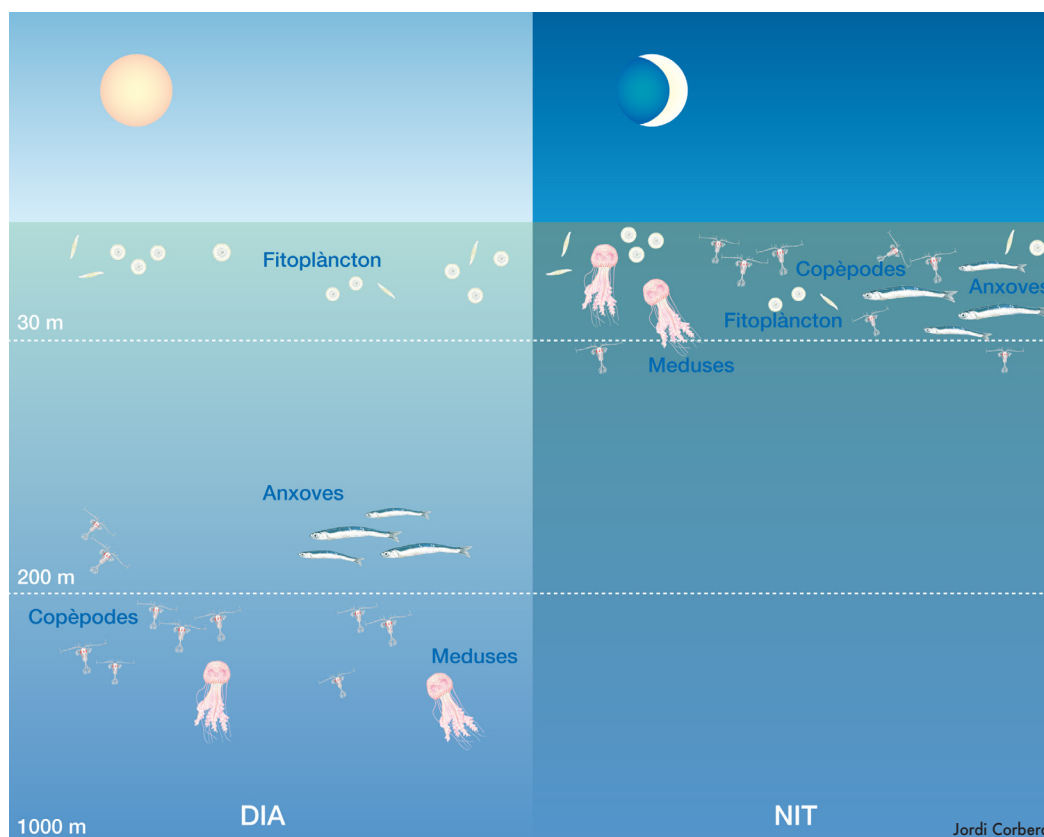


Fig. 5. Les migracions diàries del zooplàncton en la columna d'aigua poden provocar variabilitat en les mostres segons l'hora i la profunditat a què es recullin.

IV Materials i mètodes per a la recollida i anàlisi de mostres de plàncton

1. Confecció de la xarxa de mà

1.1. Material

- Anella metàl·lica de 20 cm de diàmetre aproximadament.
- Malla o tela de 60 a 100 µm de llum de malla (per a fitoplàncton i zooplàncton petit).
- Tros extra d'uns 15 x 15 cm del mateix tipus de malla.
- Almenys 2 pots de plàstic de 500 ml amb tap de rosca.
- Tela gruixuda.
- Cordill.
- Brides de plàstic.
- Tisores.
- Ganivet.
- (Opcional) Malla o tela de 200 a 500 µm de llum de malla (per a zooplàncton més gros).



Fig. 6. Material per confeccionar la xarxa de mà.

1.2. Procediment

- 1) Confeccioneu un tronc en forma de con amb la malla, d'un metre de llarg.
- 2) Cosiu una tela més gruixuda a cada banda de la xarxa per aconseguir més resistència en les zones d'ancoratge.
- 3) Subjecteu la malla a l'anella metàl·lica amb l'ajuda del cordill.
- 4) Talleu els pots de tap de rosca per la base i subjecteu-ne un a l'altre extrem de la malla mitjançant una brida (o amb més brides, si cal!).
- 5) Retalleu l'interior del tap de només un dels pots amb tap de rosca (de manera que quan s'enrosqui al pot, quedi un forat).



Fig. 7. Xarxa de mà a mig muntar.

- 6) Col·loqueu el tros petit de malla (de 15 x 15 cm) ben estès entre la boca del pot i el tap retallat, de manera que la malla quedi ben subjectada per la part de la rosca. Ha de quedar de manera que faci colador.
- 7) Reserveu l'altre pot amb tap de rosca amb la base tallada per a la recollida de mostres vives. Aquest altre tap no el retalleu (i, per tant, tampoc caldrà emprar el tros petit de malla). Quan el vulgueu usar, talleu la brida que aguantava el pot anterior i munteu el pot tapat de la mateixa manera que en el punt 4.



Fig. 8. Xarxa de mà muntada.

2. Recollida de mostres

2.1. Material de camp

- Càmera fotogràfica.
- Taula de recollida de dades impresa o una llibreta.
- Llapis.
- Pots de plàstic per a la recollida de mostres (millor que en sobrin!).
- Embut.
- Retolador indeleble per referenciar les mostres.
- Xarxa de mà per a la recollida de mostres.
- Termòmetre (submergible).
- Formol tamponat amb bòrax.
- Guants.
- Xeringa de plàstic.
- Ulleres de laboratori.
- Nevera de mà per mantenir les mostres en fred.

2.2. Recollida, referenciació i classificació

Quan la xarxa de mà estigui confeccionada i s'hagi comprovat que les parts estan ben subjectades, podeu procedir a la recollida de mostres. Haureu de triar l'indret o indrets de mostreig i anar-hi vestits amb la roba adient, tenint en compte que potser acabareu ben molls –va bé dur roba de recanvi o una tovallola per assecar-vos si us mulleu.

Una vegada s'estigui a l'indret de mostreig, anoteu en la llibreta o en la taula de dades de camp tota la informació que posteriorment pugui ser útil com a referència, per exemple, les condicions climatològiques –direcció del vent, nuvolositat, transparència de l'aigua–, així com qualsevol altra observació que creieu important –per exemple, es pot apuntar si hi ha brossa a l'aigua o restes orgàniques, si hi ha meduses grosses, etc. És molt aconsellable que feu fotografies de l'indret triat el dia de la presa de mostres, del procés de recollida i de les mostres en si, una vegada recollides.

Abans de recollir la mostra o les mostres és convenient que deixeu tot el material necessari preparat i els pots de recollida referenciats –a la paret del pot hi heu d'escriure, amb l'ajuda d'un retolador indeleble, com a mínim el nom de la mostra, dia i hora de recollida, si és una mostra viva o fixada, i el tipus de malla, si s'escau.

També heu de tenir en compte que si voleu fer un estudi més acurat hauríeu d'agafar rèpliques de cada mostra, és a dir, repetir la mostra; el nombre idoni de rèpliques són tres.

TAULA DE DADES DEL CENTRE: _____	
Data de recollida	12/06/2011
Hora de recollida	10:30
Estació (indret de mostreig)	Platja de la Barceloneta (Barcelona)
Coordenades GPS	-
Nom de la mostra	MOSTRA 1
Observació en viu	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Temp. aigua (°C)	21 °C
Direcció del vent	Vent de l'est
Nuvolositat	Una mica de calitja, però el cel està clar
Distància recorreguda	100 m
Profunditat aproximada	Superficial
Tipus de xarxa emprada	Malla de 60 µm
Observacions	Hi havia brutícia (plàstics) surant al mar i molta gent a la platja. L'indret mostrejat és una platja de sorra.

Per facilitar la tasca de recollida de dades i sistematitzar les dades de totes les escoles participants, podeu fer servir el model de taula de dades de camp que trobareu com a document descarregable. Si teniu un GPS o us en poden deixar un, anoteu les coordenades de l'indret de mostreig. Tot seguit us proporcionem un exemple de com omplir la taula de dades de camp.

Una vegada es tenen anotades les condicions ambientals i la resta de dades relatives a la mostra, amb el material preparat, podeu procedir a la recollida de la mostra seguint els passos següents:

- 1) Introduïu la xarxa dins l'aigua i arrossegueu-la calculant la distància recorreguda —per poder calcular posteriorment el volum filtrat. Heu de procurar que la xarxa quedi sempre completament submergida i més o menys recta dins l'aigua.

Per calcular la distància recorreguda, hi ha diferents maneres; presentem aquí dos exemples (vosaltres en podeu inventar més!):

- a) Mesureu amb una cinta mètrica la longitud d'una passa de la persona que farà el mostreig. Compteu el nombre de passes que fa aquesta persona mentre recull la mostra i, després, multipliqueu el nombre de passes per la longitud abans mesurada.
- b) Col·loqueu senyals de referència a la platja, tot mesurant amb una cinta mètrica la distància entre aquests senyals. Recolliu la mostra en la franja d'aigua compresa entre els dos senyals.

Observacions: si primer voleu agafar una mostra per observar-la en viu, com que empreneu el pot amb el tap tancat, serà millor que desplaceu la xarxa un xic més lentament dins l'aigua.

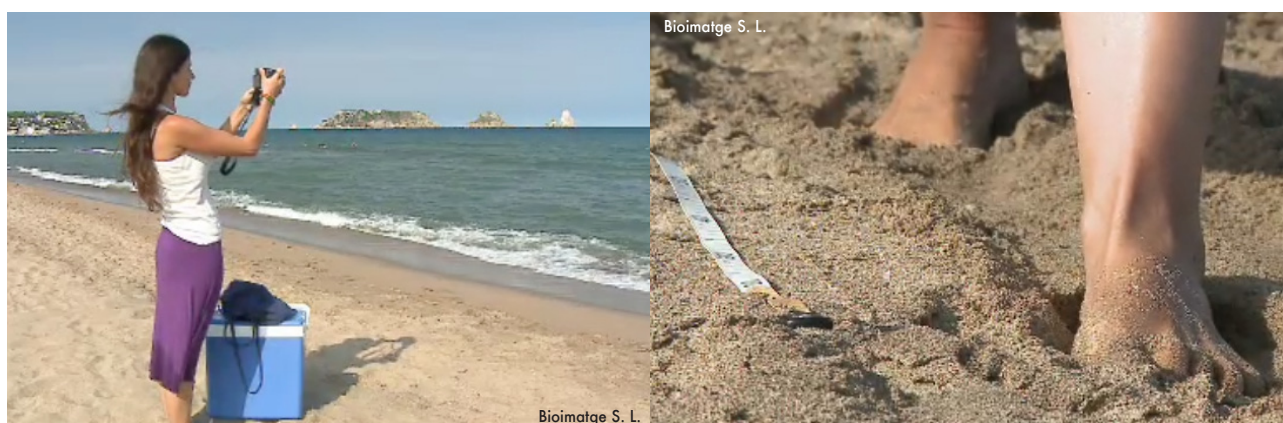


Fig. 9. ← Abans de prendre la mostra, cal apuntar les condicions ambientals i les dades relatives a la mostra i, fins i tot, fer una fotografia del lloc i el dia del mostreig. → Una de les maneres aproximades d'amidar la distància recorreguda és mesurar la longitud d'una passa de qui pren les mostres i, després, multiplicar-la pel nombre de passes realitzades

- 2) Aquest pas varia en funció de si la recollida de la mostra s'ha dut a terme per observar-la en viu o per fixar-la de seguida:
- Observació en viu.** Una vegada heu filtrat l'aigua, amb l'ajuda d'un embut buideu el recipient de recollida –pot amb tap de rosca del final de la xarxa– en un altre pot prèviament etiquetat amb les dades de la mostra –idealment, escriviu-hi l'hora, el dia, el nom de la mostra, que és una mostra viva, i el tipus de malla de la xarxa, si s'escau.
 - Fixació immediata.** Una vegada s'ha filtrat l'aigua, amb l'ajuda d'un embut «netegeu» la malla petita del recipient de recollida –pot amb tap de rosca del final de la xarxa– en un altre pot prèviament etiquetat amb les dades de la mostra –idealment, escriviu-hi l'hora, el dia, el nom de la mostra, que és una mostra fixada i el tipus de malla de la xarxa, si s'escau. La «neteja» de la malla petita, on s'hi hauran quedat adherits els organismes recollits, l'heu de fer amb una mica d'aigua de mar. Una vegada la mostra és al pot, haureu d'esbandir bé el tros petit de malla perquè quedi net d'organismes i es pugui usar per a la següent mostra.

Observacions: si, abans de posar la mostra al pot, observeu organismes enganxats a la malla de la xarxa, cal que la ruixeu des de l'exterior amb una mica d'aigua de mar per tal que quedi recollit dins el pot el major nombre possible d'organismes. Esbandiu amb cura el pot amb una mica més d'aigua de mar per recollir tots els organismes de la mostra.

- 3) Aquest pas varia en funció de si la recollida de la mostra s'ha dut a terme per observar-la en viu o per fixar-la de seguida:
- Observació en viu.** Una vegada ja teniu la mostra al pot, aquesta s'ha de conservar en fred (a la nevera de mà i a la nevera de l'escola o de casa, quan hi arribeu) si és per observar en viu sota la lupa o el microscopi. Passades unes hores o un dia haureu de fixar la mostra tal com s'indica a l'apartat b.
 - Fixació immediata.** Les fixareu amb formol tamponat amb bòrax per reduir-ne l'acidesa: es calcula el 5% del volum de la mostra, se li afegeix a la mostra aquesta quantitat del preparat de formol amb l'ajuda d'una xeringa de plàstic i es tanca el pot de seguida. Per exemple, si es té un recipient de 500 ml ple d'aigua de mar amb el plàncton recollit, hi haureu d'afegir 25 ml de formol tamponat. Per facilitar la fixació de tota la mostra, voltegeu suaument el pot per homogeneïtzar el contingut.

Observacions: cal anar amb molta cura quan manipuleu el formol: manipuleu-lo sempre en pots de plàstic –per evitar que es trenquin si són de vidre i que el formol s'escampi–, useu sempre guants –de làtex, per exemple– i ulleres de laboratori, si pot ser. Quan afegiu el formol a les mostres, feu-ho en un indret ben airejat. Recordeu que heu de tancar molt bé tots els pots que continguin formol.



Fig. 10. ← Recollida de la mostra en un pot. → Si manipuleu formol, aneu amb compte!

3. Anàlisi de les mostres

3.1. Material de laboratori

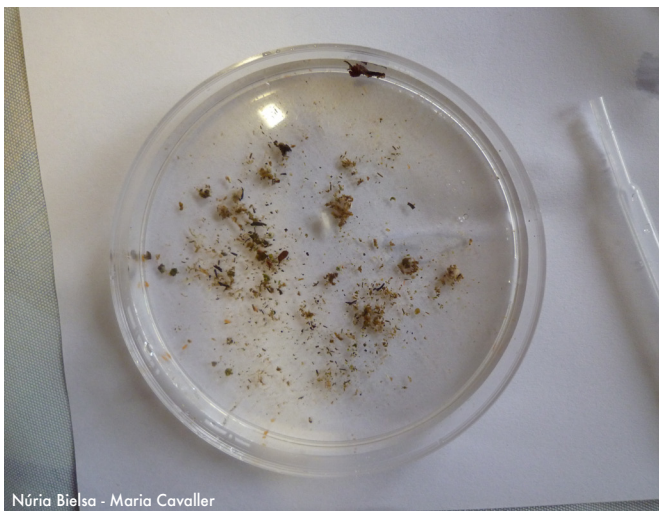
- Pots amb les mostres recollides.
- Tros de malla de 60 μm o sedàs molt fi per filtrar les mostres.
- Pots nous per passar les mostres a alcohol.
- Retolador indeleble per referenciar els pots de les mostres.
- Paper «transparent» per etiquetar les mostres.
- Llapis.
- Alcohol de 70°.
- Lupa binocular.
- Xeringa de plàstic.
- Capses de Petri.
- Vasos de precipitats.
- Pipetes Pasteur.
- Pincers per manipular els organismes (de vegades, també pot ser útil un pinzell molt fi!).

3.2. Tractament de les mostres al laboratori

Abans de procedir a quantificar la mostra, convé que us familiaritzeu amb els organismes del plàncton i que, per tant, observeu alguna mostra amb deteniment sense comptar-ne els organismes.

Aquest pas varia en funció de si la recollida de la mostra s'ha dut a terme per observar-la en viu o per fixar-la de seguida:

- a) **Observació en viu.** Abans d'observar la mostra, agiteu-la suaument per tal d'homogeneïtzar-la. Podeu abocar una porció de la mostra en una capsa de Petri amb l'ajuda d'una pipeta Pasteur, i observar-la amb una lupa binocular. Una vegada observada la porció de mostra, la podeu abocar en un altre recipient, per poder emprar de nou la capsa de Petri; si voleu observar la mostra sencera, haureu d'anar repetint aquest procés fins que se us acabi la mostra. Podeu



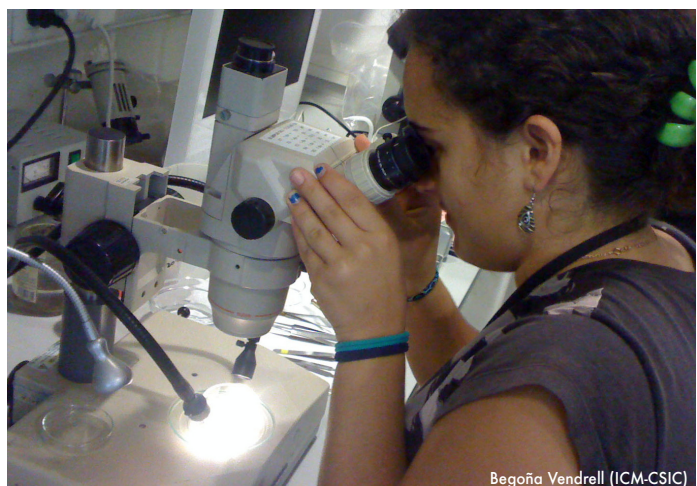
Núria Bielsa - Maria Cavaller

Fig. 11. Mostra de plàncton preparada en una caixa de Petri per a l'observació.

apuntar en un bloc de notes tota la informació que vulgueu recollir sobre la mostra observada en viu, i fer dibuixos dels diferents tipus d'organismes que hi veieu. Amb l'ajuda d'unes pinces i/o un pinzell molt fi podeu manipular els organismes presents dins la mostra. És útil tenir alguns recipients a prop en els quals anar col·locant els organismes que us semblin més estranys, o que no sapigueu identificar, o que vulgueu fotografiar. Per fer fotografies, podeu acoblar una càmera a la lupa. Igualment, recordeu, que després cal tornar aquests organismes a la mostra corresponent!

Una vegada observada la mostra en viu, podeu procedir a fixar-la amb formol, com s'ha explicat en l'apartat 2.2.-3-b, i després d'un dia podeu procedir segons l'apartat el següent apartat(b).

Observacions: també podeu provar de mirar les mostres al microscopi. Per a això, necessitareu cobreobjectes, portaobjectes, i una gota de la mostra, la qual col·locareu sobre el portaobjectes i podeu cobrir després, per observar-la amb comoditat.



Begoña Vendrell (ICM-CSIC)

Fig. 12. Les mostres es poden observar amb una lupa binocular i també amb un microscopi.

b) **Mostres fixades.** Primerament, és aconsellable que canvieu la mostra fixada en formol a un recipient amb alcohol de 70°. Per fer-ho, cal que aboqueu amb cura la mostra en un sedàs molt fi o que la filtreu amb un tros de malla, tot recollint el líquid —aigua de mar amb formol— en un recipient de plàstic que es pugui tancar. Cal tenir en compte que el formol és tòxic i que és convenient realitzar aquesta operació en un indret ben ventilat, amb guants i amb màscara i ulleres de laboratori. Una vegada teniu la mostra al sedàs o a la malla, la recolliu amb molta cura i la col·loqueu dins d'un pot de plàstic amb alcohol de 70°. Per recollir la mostra, aquesta es pot ruixar o esbandir amb el mateix alcohol, de manera que la mostra vagi caient en el recipient de recollida. Una vegada teniu la mostra en alcohol, podreu observar-la més còmodament, evitant els efectes tòxics del formol. Per observar la mostra a la lupa, sense quantificar-la, podeu prendre'n una porció amb una pipeta Pasteur i col·locar-la en una capsula de Petri que posareu sota la lupa binocular. El procés serà el mateix que el descrit en l'apartat a), amb la diferència que la mostra estarà fixada en alcohol de 70°.



Fig. 13. Fotografies d'organismes de les mostres preses acoblant càmeres digitals a la lupa.

3.3. Anàlisi quantitativa de les mostres recollides

Les mostres referenciades s'estudien a través d'anàlisis quantitatives i qualitatives. Podeu apuntar en un bloc de notes totes les dades qualitatives que vulgueu i fer dibuixos. Per realitzar estudis quantitius, a continuació s'exposa com es pot calcular la concentració i la densitat de plàncton de les mostres.

3.3.1. Càlcul de la concentració i la densitat de plàncton

El nombre d'individus, riquesa o concentració de cada espècie o grup de fitoplàncton i zooplàncton s'expressarà en funció del volum filtrat d'aigua —densitat.

Si és possible, també podeu provar quins resultats s'obtenen filtrant diferents volums d'aigua —augmentant o disminuint la distància recorreguda amb la xarxa de mà.

La concentració d'organismes del plàncton s'obté comptant el nombre d'individus de cada grup observats mitjançant una lupa binocular —els podeu identificar segons la guia d'identificació que trobareu entre els materials que us proporcionem— i referint aquesta quantitat al volum total d'aigua filtrat (vegeu l'apartat 3.2.2-2).

- 1) No cal comptar tota la mostra: es pot fraccionar. Per dividir la mostra s'ha de remenar bé —tot i que molt suaument— el pot per homogeneïtzar el seu contingut i poder repartir-lo en dues parts iguals. Observeu amb la lupa si la concentració d'organismes segueix sent massa elevada per poder quantificar-los —habitualment per decidir això es poden emprar els copèpodes. Si veieu que hi ha massa organismes i que aquest fet us dificulta el recompte, feu fraccions progressives de la mostra fins que es comptin com a mínim 100 copèpodes —és una unitat aproximada, que marca el mínim que s'hauria de comptar per tenir una mostra representativa. Per comptar la mostra, heu d'anar desplaçant-la molt a poc a poc —per evitar que els organismes fixats es moguin de lloc i els compteu de nou sense voler!—, per tal d'observar-la sencera.

És interessant fotografiar, amb la càmera acoblada a la lupa binocular, cadascuna de les mostres, porcions de les mateixes i/o d'organismes diferents que apareguin a cada mostra. Si fotografieu els organismes que desconeu i no sabeu o dubteu de com identificar-los, podeu penjar les fotografies al fòrum de l'activitat i així els científics us podran ajudar a identificar els organismes i resoldre els dubtes que tingueu sobre les vostres mostres. Totes les fotografies que feu podran servir posteriorment per il·lustrar el treball final, si s'escau, o presentar els resultats de la recerca.

Observacions: si hi ha molts organismes en la mostra, i ja n'heu fet moltes fraccions, podeu marcar la caps de Petri amb un retolador, tot dividint-la en quatre quadrants, i comptar els organismes de cada tipus que hi ha en un sol quadrant. Abans, però, haureu de mirar que la mostra hagi quedat ben repartida entre els quatre quadrants —que el contingut dels quadrants s'assembli. Després multipliqueu aquell nombre per quatre —els quatre quadrants—, i sabreu el nombre d'organismes aproximat en aquella fracció de la mostra. És una manera senzilla de fer més fàcil el recompte de la mostra.

- 2) S'ha de recordar que s'han de mantenir les proporcions de la mostra: si, per exemple, la mostra final és una vuitena part del volum inicial, s'haurà de multiplicar per vuit el nombre d'individus per obtenir la concentració en la mostra inicial.

Observacions: Si teniu una xarxa amb la qual podeu agafar més específicament fitoplàncton, podeu preparar la mostra per comptar-ne els individus tot agitant suaument el pot i prenent un volum de 5 cm³ amb una xeringa. Si la concentració d'organismes és inferior a 500, s'ha de prendre una altra fracció de 5 cm³ i afegir-la a l'anterior abans de comptar definitivament. Amb 10 cm³ sol ser suficient per tenir un bon valor de concentració d'organismes del fitoplàncton. El càlcul de concentració és el mateix que per al zooplàncton.

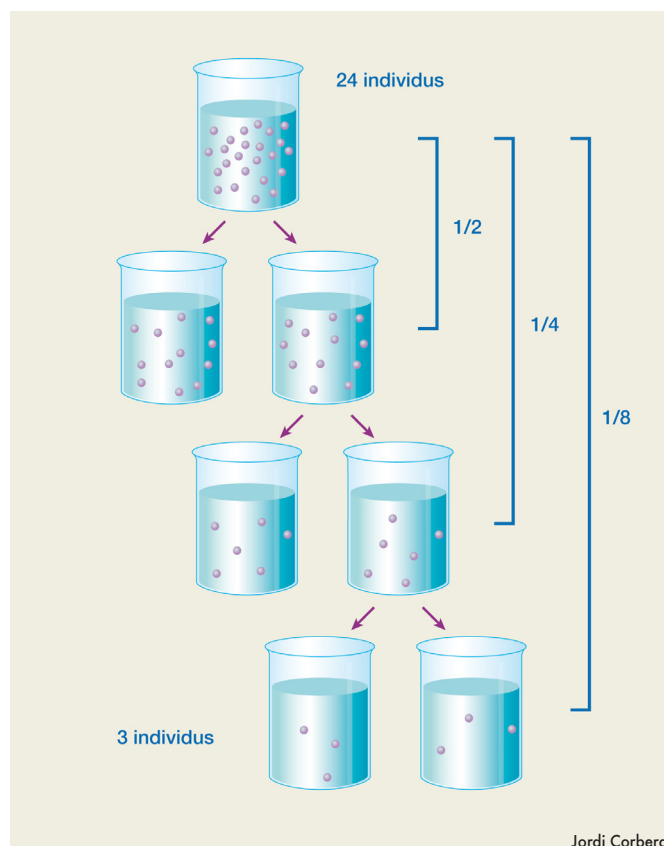


Fig. 14. Representació esquemàtica de com es pot realitzar una dilució d'una mostra de plàncton. Quan la mostra es dilueix, s'ha de tenir en compte el factor de dilució per realitzar els càlculs correctament.

- 3) Quan hàgiu acabat d'observar i analitzar una mostra, cal que netegeu bé tot el material que s'ha fet servir, amb aigua dolça, per poder comptar la mostra següent evitant contaminacions d'una mostra a l'altra.

Observacions: no llenceu les mostres fins que tingueu l'activitat o el treball ben acabat, com a mínim, per si un cas heu de tornar a comptar-ne alguna! Guardeu-les fixades en alcohol de 70°.

3.3.2. Recollida, processat i sistematització de les dades obtingudes i elaboració de conclusions

- 1) Una vegada hàgiu comptat i apuntat en una llibreta els organismes totals i/o de cada grup pertanyents a una o més mostres, podreu apuntar les dades obtingudes en una taula de resultats similar o igual a la que us proporcionem (veure el document «taula_resultats_plàncton»), i que té un aspecte similar a aquesta taula on s'han inclòs dades fictícies a manera d'exemple:

Centre educatiu		IES XXX									
Curs		1r Batxillerat									
Nombre d'alumnes i professors participants		8 alumnes, 2 professors									
Indret(s) de mostreig		Platja de la Barceloneta i Platja de Sitges									
Coordenades GPS		-									
Nombre de mostres recollides		4									
Estació(ns) de l'any mostrejades		Tardor i estiu									
Durada global de l'activitat		Tot el curs escolar									
Mostra	Dia	Hora	Fondària	Llum de malla (µm)	Condicions ambientals	Estat de la mar	Volum total filtrat (m³)	Nombre total d'organismes en la mostra	Grups d'organismes observats	Nombre d'organismes de cada grup	Observacions
Mostra 1	12/08/2011	08:00	Superfície	100	Sol, vent de llevant	Una mica arrissada	1,04	52068	Diatomees Dinoflagel·lats Copèpodes Larves de peix Amfípodes Quetògnats Tunicats Altres crustacis Ous Cladòcers	15 052 11 511 13 241 808 619 213 371 429 726 9098	Més pennades que cèntriques Dominaven els del tipus <i>Peridinium</i> Alguns amb ous Semblaven totes de la mateixa espècie Quasi tots eren doliòlids Hi havia isòpodes, misidàctils i trossos de crancs. Costen d'identificar. No sabem si són de peix o d'invertebrat La majoria s'assemblen a <i>Evadne</i>

- 2) Calculeu el volum d'aigua filtrat en cada mostra: el volum d'aigua que ha passat a través de la xarxa de plàncton —aigua filtrada— es pot aproximar calculant el volum d'un con imaginari la base del qual és la superfície de l'anella metàl·lica de la xarxa de mà, i l'alçada del qual és la distància recorreguda durant el mostreig.

La fórmula del volum d'un con és:

$$V = \frac{(\pi r^2 h)}{3}$$

V : volum del con imaginari, expressat en m^3

r : radi de la base del con imaginari (radi de l'anella metàl·lica, expressat en metres)

h : alçada del con imaginari (distància recorreguda durant el mostreig, expressada en metres)

Exemple: si l'anella metàl·lica fa 20 cm de diàmetre (i, per tant, el radi és de 10 cm), i hem recorregut una distància de 100 metres per recollir la mostra, el volum filtrat serà:

$$V = \frac{(3,14 \cdot 0,1^2 \cdot 100)}{3} = 1,046 \text{ m}^3$$

- 3) Recapitulant, se sap que el nombre d'individus de plàncton comptats en cada mostra (generalment un pot), és el que ocupa aquest volum d'aigua calculat.

Exemple: si en la mostra de l'exemple anterior es compten 500 copèpodes en la lupa binocular, això significaria que aquesta quantitat es troba en el volum calculat d'aigua ($1,046 \text{ m}^3$). Per obtenir un valor comparable entre mostres diferents, calcularem la densitat d'organismes en un m^3 . Per fer això, farem la següent divisió:

$$\begin{aligned} & \text{Densitat de copèpodes de la mostra d'exemple} = \\ & = \frac{500}{1,046} = 478,011 \text{ copèpodos/m}^3 \end{aligned}$$

D'aquesta manera s'obté un valor comparable entre mostres diferents. Aquest càlcul el podeu fer amb el nombre total d'organismes o amb el nombre d'organismes de cada grup que hàgiu identificat a la mostra, segons allò que vulgueu estudiar i comparar.

Observacions: recordeu que si heu agafat rèpliques de les mostres, podreu calcular la densitat mitjana d'organismes de cada mostra; és a dir, per analitzar posteriorment les vostres dades, podreu fer servir les mitjanes.

- 4) Una vegada les dades i els càlculs estan recollits en un sol document, podeu procedir a l'anàlisi d'aquestes dades segons els objectius i hipòtesis plantejats a l'inici de l'activitat. És recomanable que expresseu tots els resultats que pugueu de manera gràfica i/o visual, perquè això en facilita part de la interpretació. Els resultats obtinguts els podeu relacionar amb els factors ambientals i amb els conceptes teòrics adients.
- 5) Un bon exercici per finalitzar l'activitat és l'elaboració de conclusions i reflexions, tant a partir dels resultats obtinguts com de l'experiència mateixa de la recerca. És igualment interessant fer l'exercici de comunicar de manera escrita i/o oral els resultats i les conclusions de la recerca a altres persones.